

# KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU

## Metsätalouden koulutusohjelma

Jaakob Tiainen  
Juho Vartiainen

## RISUTEC ASTA -DOKUMENTOINTIJÄRJESTELMÄ

Opinnäytetyö  
Huhtikuu 2018



**OPINNÄYTETYÖ**  
**Huhtikuu 2018**  
**Metsätalouden koulutusohjelma**

Karjalankatu 3  
80200 JOENSUU  
+358 13 260 600

**Tekijät**  
Jaakob Tiainen, Juho Vartiainen

**Nimeke**  
Risutec ASTA -dokumentointijärjestelmä

**Toimeksiantaja**  
Karelwood Oy

**Tiivistelmä**

Risutec Oy on kehittänyt ASTA-dokumentointijärjestelmän, jolla voidaan seurata maanmuokkauksen tiheyttä, pinta-alaa sekä muokkausnopeutta reaaliajassa. ASTAlta saa työmaaraportin, jossa on muokatun alueen pinta-ala eriteltynä muokkaustavoittain ja joka voidaan lähettää sähköisesti eteenpäin.

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää Risutec ASTA -dokumentointijärjestelmän tuoman muokkaustiheystiedon vaikutusta laikkumättäiden määrään uudistusallalla. Tutkimuksessa vertailtiin ilman järjestelmää ja sen kanssa tehtyjä uudistusaloja. Aineisto kerättiin systemaattisella, linjoittaisella koealaotannalla. Maastosta mitattiin ympyräkoealla (3,99 metriä) istutuspaikkojen määrä ja niitä verrattiin työohjeen muokkaustiheyksiin ASTAlla ja ilman ASTAa tehtyihin kuvioihin.

Muokkaustiheys oli lähimpänä tavoitetiheyttä dokumentaatiojärjestelmän kanssa työskenneltäessä. Erot korostuivat kuvioittaisessa vertailussa, ja koealoittaisessa vertailussa erot olivat myös samansuuntaiset. Tutkimuksen johtopäätöksenä on, että Risutec ASTA -dokumentointijärjestelmä auttaa kuljettajaa pääsemään maanmuokkauksessa lähemmäksi kuvion tavoitetiheyttä ja kuvion sisäinen muokkaustiheyden vaihtelu pienenee.

**Kieli**  
suomi

Sivuja 37  
Liitteet 1  
Liitesivumäärä 1

**Asiasanat**

maanmuokkaus, maanmuokkaustiheys, kääntömätästys



**THESIS**  
**April 2018**  
**Degree Programme in Forestry**

Karjalankatu 3  
80200 JOENSUU  
FINLAND  
+ 358 13 260 600

**Authors**

Jaakob Tiainen, Juho Vartiainen

**Title**

Risutec ASTA Documentation System

**Commissioned by**

Karelwood Oy

**Abstract**

Risutec Ltd has developed ASTA documentation system, with which the density of soil preparation, acreage and the speed of soil preparation work can be monitored in real time. ASTA provides a report, in which the area of the prepared site is separated out according to the used methods of preparation and which also can be forwarded electronically.

The purpose of this study was to find out the impact of the information on preparation density ASTA provides on the regeneration sites. The regeneration sites mounded with and without ASTA were compared. Data was collected by using systematical line intersect sampling. The planting spots were measured by circular sample spots (3.99 meters) and they were compared with the instructed densities on sites where ASTA had or had not been used.

The soil preparation density was closest to the objected density when using ASTA. The differences in results were emphasized when comparing sites, but similar results also appeared when comparing sample spots. The conclusion of the study is that Risutec ASTA documentation system helps the excavator operator to get closer to the objected density when preparing the soil and the variation of the density site internally.

**Language**

Finnish

Pages 37

Appendices 1

Pages of Appendices 1

**Keywords**

soil preparation, soil preparation density, mounding

# Sisältö

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 1   | Johdanto .....                                       | 5  |
| 2   | Maanmuokkaus.....                                    | 6  |
| 2.1 | Uudistamisvelvoite.....                              | 6  |
| 2.2 | Maanmuokkausmenetelmät.....                          | 8  |
| 2.3 | Maanmuokkauksen hyödyt .....                         | 10 |
| 2.4 | Koneellinen maanmuokkaus ja sen kustannukset .....   | 12 |
| 2.5 | Maanmuokkauksen laatu .....                          | 13 |
| 2.6 | Omavalvonta.....                                     | 13 |
| 2.7 | Maanmuokkaustiheys ja omavalvonnan luotettavuus..... | 14 |
| 3   | Risutec ASTA.....                                    | 15 |
| 3.1 | Ominaisuudet.....                                    | 16 |
| 3.2 | Tekniikka.....                                       | 17 |
| 4   | Taustat ja tavoitteet.....                           | 18 |
| 5   | Aineisto ja menetelmät.....                          | 18 |
| 5.1 | Mitatut kuviot.....                                  | 20 |
| 5.2 | Tilastollinen vertailu .....                         | 21 |
| 6   | Tulokset ja tulosten tarkastelu.....                 | 22 |
| 6.1 | Kuvioittainen vertailu.....                          | 23 |
| 6.2 | Koealoittainen vertailu .....                        | 25 |
| 6.3 | Keskiarvo ja -hajonta .....                          | 30 |
| 7   | Johtopäätökset.....                                  | 32 |
| 8   | Pohdinta.....  | 33 |
| 8.1 | Luotettavuus .....                                   | 35 |
| 8.2 | Hyödyntäminen.....                                   | 36 |
|     | Lähteet.....   | 37 |

## 1 Johdanto

Maanmuokkauksella on suuri merkitys uudistamisketjun kustannustehokkuudelle ja metsänuudistamisen onnistumiselle. Oikeanlaisen maanmuokkaustavan valinta vaikuttaa oleellisesti tuleviin kustannuksiin, joista suurimpina ovat täydennysistutus, taimikon varhaisperkaus ja taimikonharvennus. Muokkaustavan valinnalla on suuri vaikutus koko metsänuudistamisketjun taloudelliseen kannattavuuteen.

Maanmuokkauksen seuranta sähköisesti tarjoaa uuden mahdollisuuden tehostaa maanmuokkaustyötä ja antaa tarkkaa tietoa muokkausjälkien määrästä, muokausalan pinta-alasta, työajan menekistä ja muokkausjälkien tasaisesta sijoittumisesta uudisalalle. Maanmuokkauksen oikea tiheys on äärimmäisen tärkeä asia uudistamisessa. Ylimääräisten muokkausjälkien teko ei ole kannattavaa urakoitsijalle, sillä maanmuokkauksen taksat ovat pinta-alaperusteisia. Samalla taas liian pieni muokkaustiheys aiheuttaa sen, että taimia joudutaan istuttamaan muokkaamattomaan maahan. Risutec on kehittänyt ASTA-dokumentointijärjestelmän, joka antaa reaaliaikaisen muokkaustiheystiedon kuljettajan käyttöön.

Tutkimus tehtiin Karelwood Oy:n toimeksiannosta. Kyseisen yrityksen kaksi aliurakoitsijaa ovat ottaneet käyttöön ASTAn vuonna 2017. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, saadaanko ASTAn avulla parannettua maanmuokkauksen laatua tiheyden osalta ja näin tehostettua uudistamisketjun toimintaa.

Opinnäytetyön aineisto kerättiin vuoden 2016 ilman ASTAa tehdyiltä kohteilta ja 2017 tehdyiltä muokkausaloilta. Tutkimus suoritettiin kesällä 2017, ja siinä mitattiin maanmuokausalan tiheyttä ympyräkoealalla ja tätä tietoa verrattiin kuviokoh- taiseen tavoitetiheyteen. Näiden perustietojen perusteella voitiin päätellä, onko laitteen käytöllä merkitystä muokkaustiheyteen.

## 2 Maanmuokkaus

Maanmuokkauksella on suuri vaikutus uuden puusukupolven kehittymiseen. Oikeanlaisella maanmuokkaustavalla saavutetaan hyvät kasvuolosuhteet uuden puusukupolven syntymiselle. Muokkauksen tarkoituksena on parantaa taimien ja siementen selviämistä ensimmäisistä vuosista, jolloin kasvuolosuhteet ovat taimelle haastavimmillaan. Maanmuokkaus parantaa taimen mahdollisuuksia selvitä kilpailusta muun kasvillisuuden kanssa, pienentää tuhoriskiä ja antaa paremmin ravinteet taimen käyttöön. Muokattu maanpinta on lämpimämpi ja kuohkeampi, mikä edistää taimien juurtumista. Maanmuokkauksessa tulee tehdä tehdä riittävä määrä istutuspaikkoja, jotta voidaan saavuttaa tavoiteltu taimikon tiheys. Vaikutus metsänuudistamiskuluihin on myös merkittävä. Oikeanlainen maanmuokkaus tehostaa kylvö- ja istutustyötä. (Äijälä, Koistinen, Sved, Vanhala, & Väisänen 2014, 133.)

Vuonna 2013 Suomessa muokattiin maata 106 902 hehtaaria. Mätästys oli suosituin tapa uudistusalojen muokkauksessa. Mätästystä tehtiin 65 512 hehtaaria. Suurin osa maanmuokkauksesta tehdään yksityisten metsänomistajien metsissä, yhteensä 72 470 hehtaaria. Toiseksi suurin osa tehtiin valtion metsissä, 21 843 hehtaaria, sekä kolmanneksi eniten metsäteollisuuden omistamilla mailla, 12 589 hehtaaria. (Korhonen, Ihalainen, Heikkinen, Henttonen, Hotanen, Mäkelä, Nevalainen & Pitkänen 2013, 116.) Toimeksiantajan maanmuokkauskohteiden yhteismäärät ovat olleet viime vuosina noin 330 hehtaaria, joista tutkimuksessa tutkittua laikkumätästystä noin 240 hehtaaria. Laikkumätästys on suosituin maanmuokkaustapa Karelwoodin toimialueella. (Karelwood 2018.)

### 2.1 Uudistamisvelvoite

Uudistushakkuusta seuraa lähes aina metsälain mukainen uudistamisvelvoite. Metsälain mukaan uudistushakkuu on tapahtunut, kun hakkuun seurauksena on syntynyt yli 0,3 hehtaarin suuruinen aukko. Uudistamisvelvoitetta ei synny, jos

kohde on puuntuotannollisesti vähätuottoinen, ojitettu turvamaa, jolla vuosittainen kasvu on alle kuutiometrin hehtaarilla. Näissä tapauksissa käsittelyalueelle on jätettävä luonnon monimuotoisuutta edistävää puustoa mahdollisuuksien mukaan. Lisäksi, jos metsäkeskuksen tai viranomaisen hyväksymän suunnitelman perusteella ennallistetaan alun perin avoin tai harvapuustoinen suo tai perinneympäristö, ei uudistamisvelvoitetta synny. (Metsälaki 1093/1996, 5 §.)

Uudistamisvelvoite on täytetty, kun uudistusalueelle on saatu aikaan taimikko 10-25 vuoden aikana, maantieteellisestä sijainnista riippuen. Taimikko katsotaan saaduksi aikaan, kun se on riittävän tiheä, tasainen ja taimien keskipituus on 50 senttimetriä, eikä taimia uhkaa välittömästi muu kasvillisuus. (Metsälaki 1093/1996, 8 §.)

Uudistamistavan voi valita käsittelyalueelle vapaasti, mutta taimikon kasvu on turvattava poistamalla haittaavat puut ja pensaat, sekä torjuttava heinittymistä. Luontaista uudistamistapaa käytettäessä on uudistusalueella oltava edellytykset taimien syntymiselle. Taimikon syntymiseen johtavat toimenpiteet on saatava tehtyä kolmen vuoden kuluessa uudistamisvelvoitteen syntymisestä. (Metsälaki 1093/1996, 8 §.) Uudistamisvelvoitteen raja-arvot riippuvat uudistusalan maantieteellisestä sijainnista (taulukko 1).

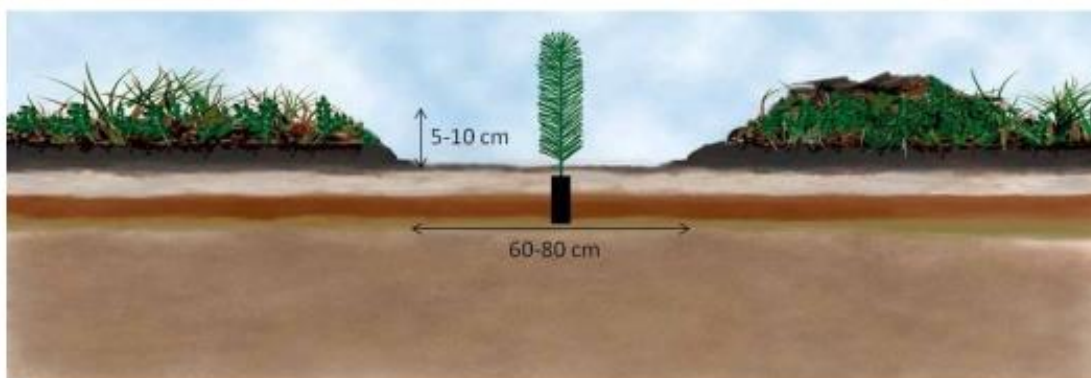
Taulukko 1. Uudistamisvelvoitteen raja-arvot (Metsäkeskus 2014. 27. 28).

|  | Keskipituus 0,5m                 | Havupuuvaltaiset,<br>vähintään tainta/ha | Lehtipuuvaltaiset<br>vähintään tainta/ha |
|--|----------------------------------|--|--|
|  | Hakkuun päättymisestä,<br>vuotta |  |  |
| Suojametsäalue, Inari, Kittilä, Muonio, Salla, Savukoski, Sodankylä, Kuusamo, Taivalkoski, Lappi (etelä) | 25                               | 1200                                     | 1100                                     |
| Pohjoinen Suomi, Kainuu, Pohjois-Pohjanmaa   | 20                               | 1200                                     | 1100                                     |
| Keski-Suomi  | 15                               | 1500                                     | 1100                                     |
| Etelä-Suomi  | 10                               | 1500                                     | 1100                                     |

## 2.2 Maanmuokkausmenetelmät

Maanmuokkausmenetelmät voidaan jaotella kahteen pääryhmään. Molemmilla on tietyt ominaispiirteet ja käyttökohteensa. Jaottelu tapahtuu maanpintaa paljastaviin muokkausmenetelmiin ja kohoumia muodostaviin menetelmiin. (Luoranen, Saksa & Uotila 2012, 78. 79.)

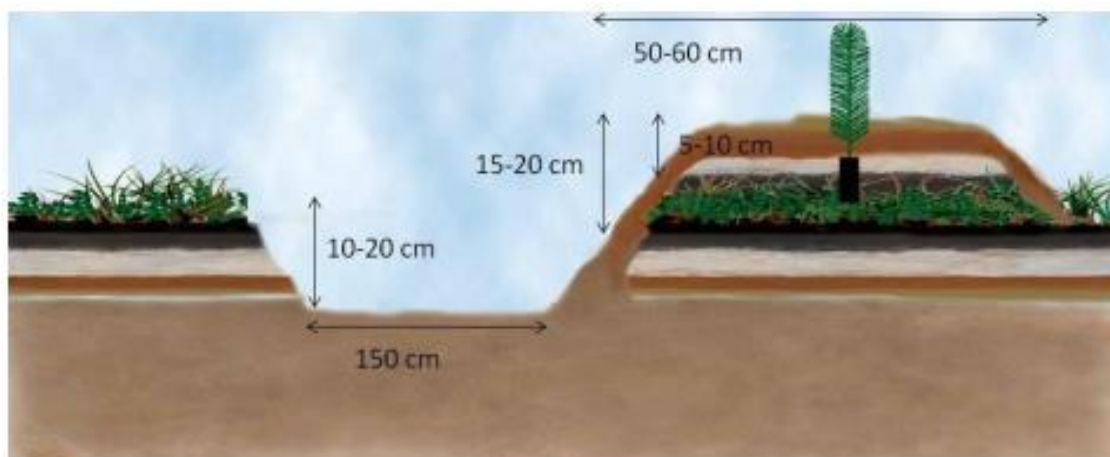
Maanpintaa paljastaviin menetelmiin kuuluvat äestys ja laikutus. Molemmissa poistetaan vain humuskerros, tai suurin osa siitä, kivennäismaan pinnalta. Laikutuksessa kivennäismaata paljastetaan vain laikuittain, noin 50-70 cm pituudelta ja leveydeltä. Laikkuja tehdään vähintään taimikon perustamistiheyden verran. Äestyksessä muokkausjälki on n.60-80 cm leveä jatkuva muokkausjälki. Äesjälkeä tehdään 4000-5000 metriä hehtaarille. Molemmat menetelmät sopivat erityisesti karkeille ja keskikarkeille kivennäismaalajeille. (Luoranen ym. 2012, 78. 79.)



Kuva 1. Laikutuksen periaatekuva. (Stora Enso 2013)

Kohoumia muodostavat muokkausmenetelmät ovat laikku-, kääntö-, navero- ja ojitusmätästys. Näitä menetelmiä käytetään yleisesti viljavammilla kasvualustoilla pintakasvillisuuden kilpailun vähentämiseksi sekä vesitalouden hoitoon. Laikku- mätästys sopii hienoille tai keskikarkeille kangasmaille, sekä turvemaille, joilla vesitalous on kunnossa. Mättään leveys on 50-60 cm ja pituutta 60-80 cm, korkeutta 5-20 cm riippuen maalajista. Kääntömätästys on samanlainen mitoiltaan muilta osin, mutta korkeus on yleensä 5 cm vallitsevaa maanpintaa ylempänä, josta se painuu maan tasalle. Maa käännetään ylösalaisin kuoppaansa. Menetelmä sopii keskikarkeille kivennäismaille sekä turvemaille ja erityisesti tässä täytyy vesitalouden olla kunnossa. (Luoranen ym. 2012, 78. 80.)

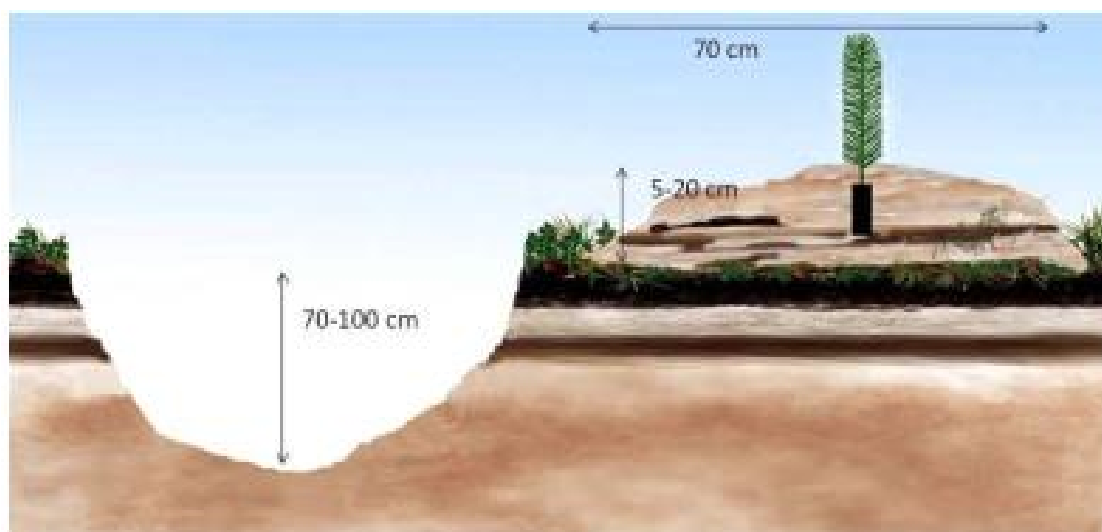




Kuva 2. Laikkumättään periaatekuva. (Stora Enso 2013)

Naveromätästyksessä tehdään lyhyitä ojanpätkiä, joilla on syvyyttä 20-30 cm ja jonka kaivuumaista tehdään mättäitä taimille. Ojanpätkien ei ole tarkoitus johdattaa vettä pois uudistusosalta, vaan sillä parannetaan hieman uudistusalan vesitaloutta. Sitä käytetään yleensä hiesu- ja savimailla, joilla tarvitaan hieman kuivatusta ja joissa ojitusmätästys katsotaan liian rajuksi toimenpiteeksi. (Luoranen ym. 2012, 78. 80.)

Ojitusmätästystä käytetään uudistusaloilla, joissa tarvitaan kuivatusta. Ojittamalla vedet johdetaan pois alalta. Tätä menetelmää käytetään yleensä hiesu-, savi- ja turvemailla, joilla veden liikkuvuus on huonoa. Mikäli uudistusalan peruskuivatus ei ole kunnossa, tarvitaan lisäksi sarkaojia. (Luoranen ym. 2012, 78. 80.)



Kuva 3. Ojitusmätästys periaatekuva. (Stora Enso 2013)

### 2.3 Maanmuokkauksen hyödyt

Maanmuokkauksen tavoite on luoda kasvatettavalle taimikolle paremmat kasvuolosuhteet sekä -alusta. Maanmuokkaus edesauttaa siementen itämistä ja taimien elossa pysymistä. Se helpottaa myös tulevaa istutustyötä. Taloudellisesti merkittävä etu on se, että voidaan käyttää nuorta taimiainesta, koska kilpailua ei synny niin nopeasti muun kasvillisuuden kanssa. (Luoranen ym. 2012, 72.)

Uudistetulla alalla pintakasvillisuus lisääntyy, minkä seurauksena kilpailu ravinteista, valosta sekä vedestä kasvaa. Jos taimi istutetaan muokkaamattomaan maahan, voi runsas pintakasvillisuus vaurioittaa ja tukahduttaa sen pian istutuksen jälkeen. Muokkaus vähentää pintakasvillisuuden muodostumista taimen ympärille. Pintakasvillisuus pysyy poissa muokkausjäljestä eteläisessä Suomessa yleensä 1. 3 vuotta ja Pohjois-Suomessa 3. 5 vuotta. Kohoumia tekevällä menetelmällä taimi saadaan korkeammalle muusta ympäristöstä, jolloin se saa etumatkaa muuhun kasvillisuuteen nähden. (Luoranen ym. 2012, 72.)

Liian tiiviissä maassa on vain vähän tilaa juuriston tarvitsemalle hapelle. Tiiviin maan ominaisuuksiin kuuluu sen hidas lämpeneminen, joka heikentää taimien kehitystä sekä juurtumista maaperään. Juuriston on helpompi kasvaa ilmapaissa maaperässä. Toisaalta taimen juuret eivät saa ankkuroitua itseään liian ilmavaan maahan. Liian ilmavan maan ongelmana on myös rouste, joka nostelee helpommin huonosti juurtuneet taimet ylös ja näin ollen taimi kuivuu. Suomalaiset metsämaat ovat yleensä jo luonnostaan tiiviitä, lisäksi maa tiivistyy lisää uudistushakkuussa koneiden painon alla. Maanmuokkauksella on siis merkittävä vaikutus tulevan puusukupolven kehitykseen. (Luoranen, Saksa, Finér & Tamminen 2007, 21.)

Hyönteistuhojen vähentäminen on yksi merkittävimmistä maanmuokkauksen hyödyistä. Muokkaus vähentää alttiutta tukkimiehentäituhaille, koska tukkimiehentäi välttää kivennäismaalla kulkemista. Tukkimiehentäi on suurin yksittäinen tuhon aiheuttaja taimien ensimmäisien vuosien aikana. Maanpintaa korkeammalle ja yli 10 cm päähän humuksesta istutetulla taimella on pienin riski tulla tuk-

kimiehentäin syömäksi. (Saksa 2011, 99.) Maanmuokkauksen on todettu vähentävän myös myyrätuhoja taimikoissa. Tämä korostuu varsinkin peltoja metsitettäessä. Hallanaroilla paikoilla kohoumia tekevät menetelmät voivat pelastaa taimia hallatuhoilta, tai ainakin vähentää niitä. (Luoranen ym. 2007, 22. 23.)

Kohoumia muodostavat maanmuokkausmenetelmät antavat taimelle etumatkaa kilpailussa valosta ja osittain voivat ehkäistä varhaisperkauksen tarvetta. Näillä keinoin voidaan myös vaikuttaa uudistusalan vesitalouteen positiivisesti. Kosteilla kohteilla käytetään navero- ja ojitusmätästystä. Navero- ja ojitusmätästys parantaa uudistusalan vesitaloutta näitä ja samalla kaivuumaasta saadaan hyvät istutusmättäät taimille. (Luoranen ym. 2012 72. 73.)

Karkeilla ja keskikarkeilla maalajeilla vesitalous ei yleensä ole ongelma, koska vesi läpäisee maan hyvin. Maanmuokkaus luo tällaisilla kasvupaikoilla siemenille paremmat itämismahdollisuudet, kun kivennäismaata paljastetaan. Siemenet itävät paremmin paljaalla kivennäismaalla kuin alustalla, jota ei ole muokattu, koska siemenet pääsevät paremmin kosketuksiin veden kanssa. Olisi myös suotavaa, että kivennäismaa ja humus sekoittuivat maanmuokkauksessa, koska humus sitoo vettä itseensä ja luovuttaa sitä siemenen käyttöön tasaisemmin. (Luoranen ym. 2007, 19. 20.)

Turvemailla maanmuokkausta suunniteltaessa tulee ottaa huomioon kangashumuskerroksen paksuus ja pohjaveden korkeus muokattavalla uudistusosalalla. Yleensä näillä kohteilla ojien kuivausteho on heikentynyt ja paksu kangashumuskerros estää kapillaarisen veden nousua itävälle siemenelle. Turvemailla on tästä syystä tärkeää valita sopiva maanmuokkaus ja ojien kunnostus, sekä taimille että siemenille luodaan hyvät olosuhteet kehitykseen. (Luoranen ym. 2007, 19. 20.)

Maanmuokkaus parantaa myös taimien ravinnetilaa. Kangasmailla suurin osa ravinteista on kangashumuksen pintaosissa. Oikealla maanmuokkaustavalla nämä ravinteet saadaan paremmin juurien käyttöön. Maanmuokkausmenetelmissä, joissa humuskerros jää kivennäismaiden väliin, saadaan ravinteet kohdistettua paremmin taimelle eivätkä ravinteet mene kilpailevien kasvien käyttöön. Kiven-

näismaata paljastavissa menetelmissä osa ravinteista siirtyy pois taimen käytöstä, mutta taimi saa etua kilpailun vähenemisestä ja suojaa tuhoilta. (Luoronen ym. 2007, 22.)

## 2.4 Koneellinen maanmuokkaus ja sen kustannukset

Maanmuokkaukseen käytetään kaivinkonetta tai vetokonetta, joka on yleensä metsätraktori. Kaivinkoneen puumiin asennetaan maanmuokkauslajiin sopiva kauha tai muokkauslevy. Laikutukseen ja laikkumätästykseen suositellaan kauhaa tai muokkauslevyä. Kääntö- navero- ja ojitusmätästyksessä käytetään maanmuokkauslajiin sopivaa kauhaa. Äestysessä vetokoneessa on hydraulipainotteinen äes keventäjällä ja katkojalla. (Immonen, Kauppinen, Kuru, Tamminiemi, Kallonen & Strandstörn 2000, 3).

Maanmuokkauksen kustannuksiin voidaan vaikuttaa oikealla muokkausmenetelmällä ja oikea-aikaisella maanmuokkauksella sekä turhan työn välttämällä. Muun muassa ylitiehyys vie muokkausaikaa ja näin lisää kustannuksia. Muokkauskohteelle oikean muokkaustavan valinta on ensimmäinen askel kustannustehokkuuteen maanmuokkaukseen. Liian rajusta maanmuokkauksesta ei saada toivottua hyötyä kustannuksiin nähden. Maanmuokkaus tulisi suorittaa hyvissä ajoin ennen kuin uudistusalueelle kasvaa pintakasvillisuus. Samoin istutus tuoreeseen muokkausjälkeen on kustannustehokasta, koska tällöin saadaan enemmän etumatkaa kasvua haittaavaan pintakasvillisuuteen. (Luoronen ym. 2012, 110.)

Taulukko 2. Maanmuokkauksen kustannukset työlajeittain. (Taulukko: Korhonen ym. 2014, 144)

| Koko maan keskiarvot |                           |              |                           |                |                           |
|----------------------|---------------------------|--------------|---------------------------|----------------|---------------------------|
| Laikutus ” /ha       |                           | Äestys ” /ha |                           | Mätästys ” /ha |                           |
| Yksityiset           | Metsäteollisuus ja valtio | Yksityiset   | Metsäteollisuus ja valtio | Yksityiset     | Metsäteollisuus ja valtio |
| 324                  | 276                       | 200          | 184                       | 366            | 324                       |

## 2.5 Maanmuokkauksen laatu

Maanmuokkauksen laadulla vaikutetaan koko uudistamisketjun kannattavuuteen. Huonolla tai vääränlaisella muokkauksella voidaan heikentää uuden puusukupolven syntyä ja heikentää taimien kasvuolosuhteita. Liian kevyt maanmuokaus on halvempi vaihtoehto, mutta myöhemmin taimikon hoitokustannukset kasvavat suuremmaksi ja hyöty halvemmasta muokkauksesta katoaa. Lisäksi menetetään taimikon pituuskasvua ja näin ensiharvennustulot siirtyvät muutamalla vuodella eteenpäin. (Luoranen ym. 2012, 72. 74.)

Laatukriteereinä määrittäviä muodostavissa muokkausmenetelmissä on yleisesti kiivennäismaakerroksen paksuus, mättään korkeus, leveys ja pituus sekä määrä hehtaarilla. Laikkuja muodostavassa maanmuokkauksessa laikun syvyys, pituus ja leveys sekä laikkujen määrä hehtaarilla ovat laatukriteereistä tärkeimmät. (Stora Enso 2013.)

## 2.6 Omavalvonta

Omavalvonnassa työntekijä mittaa itse omaa työnjälkeään. Tämä on ollut jo pitkään käytäntönä elintarvike- ja prosessiteollisuudessa. Metsänhoidossa omavalvontaa on alettu tutkia ja kehittää vuosituhaten vaihteessa. Tällä onkin saatu hyviä tuloksia ja metsänhoitotyön laatu on parantunut tämän myötä huomattavasti. Työntekijän itse suorittama valvonta antaa palautteen suoraan tekijälle, joten korjaavat toimenpiteet voidaan tehdä heti. Myös -käytännön- tunne vähenee, koska muuta valvontaa voidaan vähentää. (Harstela, Helenius, Rantala, Kanninen & Kiljunen 2006, 18.)

Maanmuokkauksen omavalvonnassa tärkeintä on varmistaa maanmuokkaustiheys. Liian pieni muokkaustiheys aiheuttaa sen, että taimia joudutaan istuttamaan muokkaamattomaan maahan. Muokkaamattomaan maahan istutettu taimi tulee 30 prosentin todennäköisyydellä tukkimiehentäin syömäksi. Liian suuri muokkaustiheys taas aiheuttaa turhia kustannuksia maanmuokausyrittäjälle. (Harstela ym. 2006, 18. 19.)

Karelwood Oy:n aliurakoitsijat suorittavat maanmuokkausta Stora Enson metsänhoitotyömailla. Omavalvonta suoritetaan Stora Enson hyväksymällä Metlan ja Metsäkeskuksen tekemällä maanmuokkauksen omavalvontamittauspohjalla. Omavalvontalomakkeelle kirjataan muokkausalan tunnistetiedot, suunniteltu maanmuokkaus, muokkausjäljen mittaustiedot sekä ympäristön- ja vesiensuojelu. Muokkausalan tunnistetiedot -kohtaan muokattava ala yksilöidään kuvion tarkkuudella. Muokatulla alueella suoritettut omavalvontamittaukset kirjataan kohtaan +muokkausjäljen mittaustiedot.+ Muokkausalalta lasketaan ympyrän, jonka säde on 3,99 metriä, sisältä viljelykelpoisten muokkausjälkien määrä. (Karelwood 2018.)

Lisäksi koealan keskipistettä lähimmästä muokkausjäljestä mitataan sen pituus, leveys sekä korkeus. Koealakohtaisesti kirjataan myös maalaji, kivisyys ja hakuutähde, koska nämä voivat vaikuttaa muokkaustiheyteen. Mitattavien koealojen lukumäärä määräytyy muokattavan kuvion pinta-alan mukaan. Koealoja mitataan minimissään viisi - ja maksimissaan kymmenen kappaletta kuviota kohdin. (Karelwood 2018.)

## **2.7 Maanmuokkaustiheys ja omavalvonnan luotettavuus**

Maanmuokkauksen laatua on tutkittu useissa eri tutkimuksissa. Maalismaa (2015) on tehnyt opinnäytetyön aiheenaan Kaivinkoneella suoritettujen maanmuokkausten työnlaatu, siinä hän on tutkinut muun muassa muokkaustiheyttä. Tutkimuksessa hän on verrannut kuvion tavoitetiheyttä ja todellista istutuspaikkojen määrää. Kuvioista 51 prosenttia täytti kohteelle asetetun tavoitteen. Kuvioista, jotka eivät täyttäneet tavoitetta, 21 prosenttia luokiteltiin luokkaan vakava poikkeama, eli näillä kuvioilla muokkausjälkiä oli alle 90 prosenttia tavoitellusta. Tässä tutkimuksessa ei ole luokiteltu niitä kohteita joissa, muokkausjälkien määrä on liian suuri, vaan ne ovat luokiteltu onnistuneeksi.

Maalismaa (2015) tutki myös kuljettajien suorittamaa omavalvonnan luotettavuutta, jossa hän huomasi kuljettajien mittaaman muokkausjälkien määrän 10

prosenttia suuremmaksi verrattuna tutkijan itsensä saamiin tuloksiin. Omavalvonnassa muokkausjälkien määrän kirjaamisessa hän huomasi tiettyä säännönmukaisuutta, joten hän tuli siihen tulokseen, että omavalvonnassa ilmoitettujen muokkausjälkien määrään tulisi suhtautua kriittisesti. Risutec ASTA -dokumentaatiojärjestelmän tulisi ratkaista juuri tämä haaste.

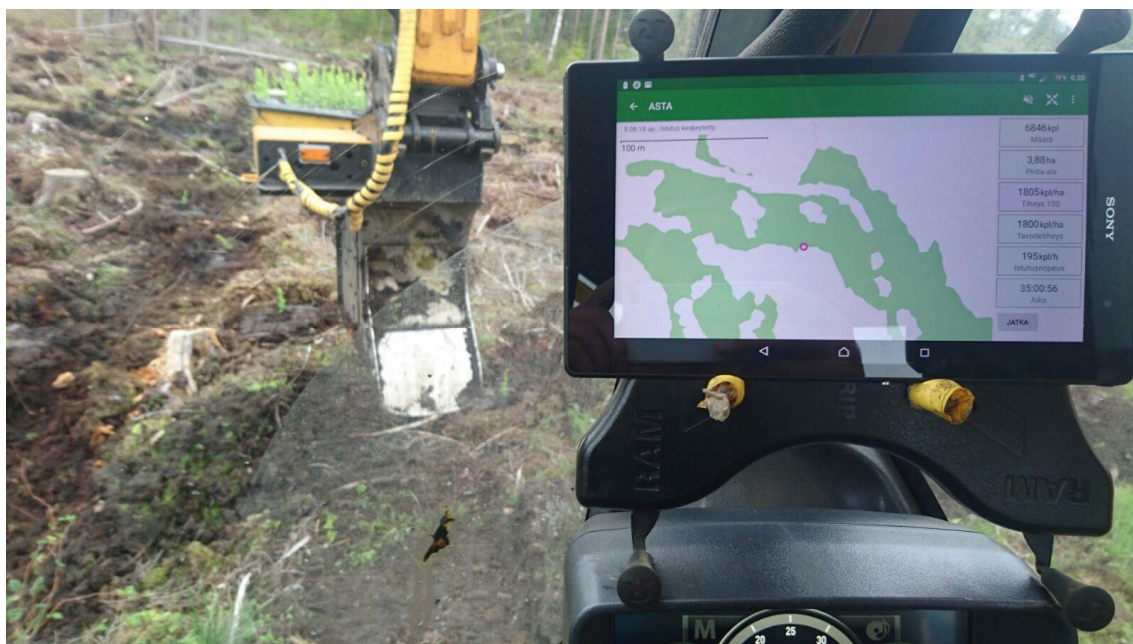
Nuutinen (2014) on tutkinut maanmuokkauksen laadun kehittämistä Metsä Groupin Kuopion piirissä. Muokkausjälkien keskiarvo tutkituilla aloilla on ollut hyvä. Tutkittavana on ollut seitsemän eri kuljettajaa ja jokaisen kuljettajan keskimääräinen muokkaustiheys osui 1 700 . 1 900 muokkausjäljen välille. Muokkausjälkien määrän kuljettajakohtainen hajonta oli 200 . 300 kpl/ha.

### **3 Risutec ASTA**

Risutec ASTA -dokumentointijärjestelmä on kehitetty maanmuokkauksen reaaliaikaiseen seurantaan. Laite tallentaa jokaisen muokkausjäljen tarkan koordinaattipisteeseen, josta se muodostaa muokatun alueen kartan. Kartasta saadaan myös pinta-alatieto. Valmistaja lupaa laitteelle jopa yhden metrin paikannustarkkuuden optimiolosuhteissa. Karttaan piirtyy työn edetessä lisää pisteitä ja tekijä voi tarkkailla koko ajan pisteiden tiheyttä suhteessa pinta-alaan. Tästä tekijä näkee koko ajan tiheyden reaaliajassa ja voi tarvittaessa muuttaa työtapansa tavoitetiheyden saavuttamiseksi. Risutecin laskelmien mukaan 200 muokkausjäljen ylitieheys aiheuttaa 35 euron lisäkulun hehtaarille. ASTAn ominaisuuksiin kuuluu myös ajanmenekin seuranta. (Risutec 2018.)

### 3.1 Ominaisuudet

ASTAlta saa työmaaraportin, josta saadaan muokatun alueen pinta-ala eriteltynä muokkaustavoittain. (Liite 1.) Raportilla on myös muokkausjälkien määrä hehtaareilla ja niiden kokonaismäärä. Se voidaan lähettää myös eteenpäin suoraan työpisteeltä. Tallennettua dataa voidaan hyödyntää myös myöhemmin karttasovelluksella, joka tukee GPX-muotoa, esim. Google Maps. (Risutec 2018.)



Kuva 4: Risutec ASTA käytössä. (Vihottula 2018)

Maanmuokkaustaksan maksuperusteena on yleensä pinta-ala. Taksan maksuperusteena käytettävän pinta-alan saadaan työmaaraportista, eikä kuljettajan tarvitse erikseen käydä sitä mittaamassa, mikäli hän epäilee, ettei työohjeessa mainittu pinta-ala ole oikea. Tällä saadaan taksan maksusta luotettavampaa ja helpompaa. Laitteisto on suunniteltu maanmuokkauksen tiheyden, pinta-alan ja ajanmenekin seurantaan ja sitä voidaan hyödyntää myös voimalinjojen johtoaukean pinta-alan mittaukseen. (Risutec 2018.)



## 3.2 Tekniikka

Laitteisto koostuu ASTA-keskusyksiköstä, GPS-antennista, painonapista ja johdosarjasta. Järjestelmän alustana on Android-pohjainen laite, kuten tabletti tai älypuhelin. Asta-sovellukselle ladataan muokattavan alueen kartta, jossa näkyvät myös alueella huomioitavat luontokohteet. Sovellus kertoo muokkauksen aikana kuljettajalle tehtyjen muokkausjälkien kokonaismäärän, muokatun pinta-alan, muokkausjälkien määrän hehtaarilla sekä muokkausnopeuden. Kaivinkoneen puomin kärjessä oleva GPS-vastaanotin tallentaa sijaintitiedon kartalle aina, kun kuljettaja painaa hallintavivussa olevaa nappia. Näiden pisteiden sisäpuolinen alue on muokattua aluetta, josta muodostetaan muokattu pinta-ala. (Risutec 2018.)



Kuva 5. ASTA-dokumentointijärjestelmän toimituksen sisältö. (Risutec 2018)

GPS -vastaanottimen paikanmääritys perustuu yksinkertaisuudessaan radioaallon kulku-aikaan satelliitilta vastaanottimelle. Radioaallon kulkuajasta voidaan laskea etäisyys satelliittiin, kun kolmesta satelliitista saadaan etäisyydet tietoon. Vastaanotin määrittää paikansa kolmiulotteisesta ja maailmanlaajuisesta koordinaattijärjestelmästä. Nykyiset satelliittipaikantimet käyttävät siviilikäytössä GPS ja GLONASS satelliitteja paikantamiseen. Jotkin laitteet kykenevät hyödyntämään molempia satelliittijärjestelmiä yhtä aikaa, jolloin tarkkuutta saadaan paremmaksi. Tämä takaa myös satelliittipaikannuksen toiminnan ympäri maailman, koska satelliitteja löytyy aina tarvittava määrä. (Kuusniemi 2017.)

Risutec ASTA-dokumentaatiojärjestelmä tallentaa koordinaatin jokaisesta muokausjäljestä. Paikannus tapahtuu satelliittien avulla ja toiminta perustuu laitteen saamiin radiotaajuuksiin satelliiteilta. Miettisen (2006) mukaan satelliitteja tarvitsee vastaanottimen paikantamiseen kolme kappaletta. Tarkkuus nykyisillä kuluttajalaitteilla vaihtelee viiden ja kymmenen metrin välillä, mutta parhaimmillaan voidaan päästä jopa metrin tarkkuuteen, jos voidaan käyttää kellovirheen korjausta paikantimessa. Tarkkuuteen vaikuttavat esteet satelliitin ja vastaanottimen välillä. Esteitä voivat olla rakennukset tai vaikkapa tiheä metsä. Ne aiheuttavat epätarkkuutta paikannuksessa, koska radioaalto ei tule suoraan paikantimeen. Tällöin ei edes kellovirheen korjauksella ei saavuteta metrin tarkkuutta.

#### **4 Taustat ja tavoitteet**

Opinnäytetyössä tavoitteena oli selvittää, vaikuttaako Risutec Oy:n valmistama ASTA-dokumentaatiojärjestelmä Karelwood Oy:n aliurakoitsijayrityksien maanmuokkauksen laatuun. Maanmuokkauksessa on useita laatukriteereitä, mutta tässä tutkimuksessa mittatiin järjestelmän käytön vaikutusta muokkausjälkien määrään.

Useissa tutkimuksissa on huomattu, että muokkausjälkien määrä voi vaihdella kuljettajakohtaisesti huomattavasti. ASTA-dokumentaatiojärjestelmän antaman jatkuvan tiheystiedon voisi ajatella auttavan kuljettajaa pääsemään mahdollisimman lähelle tavoitetiheyttä. Jo sadan muokkausjäljen ylitys tavoitetiheydestä hehtaarilla kasvattaa vuositasolla maanmuokkauksen kuluja huomattavasti. Alitiheys aiheuttaa puolestaan lisäkustannuksia istuttajalle ja maanomistajalle.

#### **5 Aineisto ja menetelmät**

Tutkimusmenetelmänä käytimme kvantitatiivista tutkimusta. Kvantitatiivinen tutkimus on määrällistä tutkimusta, jossa keskeistä on johtopäätökset aiemmista

tutkimuksista, hypoteesin esittäminen, aineisto, joka soveltuu numeeriseen mitaamiseen ja päätöksen teko, joka perustuu aineiston tilastolliseen analysointiin. Tilastollinen analysointi perustuu tulosten kuvailuun prosenttitaulukoiden avulla sekä niiden tilastollisen merkitsevyyden testaukseen. (Hirsjärvi, Remes & Saja-vaara 2009, 140.)

Tutkimukseen valittiin harkinnanvaraisella otantamenetelmällä mahdollisimman homogeeniset maanmuokkauskuviot. Tässä menetelmässä tutkimusaineisto määritetään valikoidulla satunnaisotannalla. Kohteiden valinnat määritetään kuitenkin objektiivisesti ja tasapuolisesti. Menetelmä eroaa normaaleista otantamenetelmistä, koska jokaisella otantayksiköllä ei ole yhtä suurta mahdollisuutta tulla valituksi. Menetelmä antaa melko luotettavan tuloksen, kun perusjoukko tunnetaan hyvin ja tuloksia tulkitaan harkiten. Tällöin tutkimustulokseksi saadaan näyte, sillä otantayksiköiden edustavuudesta suhteessa perusjoukkoon ei ole taetta. (Holopainen & Pulkkinen 2008, 36.)

Harkinnanvaraiseen otantaan päädyttiin siksi, että tutkimuksen muuttujia olisi mahdollisimman vähän. Kaikki valitut kohteet oli laikkumätästetty. Tämä mahdollisti sen, että tutkimuksessa voitiin vertailla mahdollisimman luotettavasti kuvioita toisiinsa, koska muuttujana on vain se, että onko muokkauksessa ollut käytössä ASTA-dokumentaatiojärjestelmä vai ei. Laikkumätästys oli luonnollinen valinta, koska se on 73 %:n osuudellaan käytetyin muokkaustapa Karelwoodin aliurakoitsijoiden suorittamassa maanmuokkauksessa.

Aineisto tutkimukseen kerättiin systemaattisella, linjoittaisella koealaotannalla. Linja suunnattiin mitattavan kuvion pisimmän halkaisijan mukaisesti. Tutkimuksen koealat mitattiin tutkimusta varten laaditun taulukon 3. mukaisesti. Koealaväli saatiin jakamalla mitattavan kuvion pituus koealojen määrällä. Koealavälin pituus pyöristettiin lähimpään metriin mittaamisen helpottamiseksi. Koealan mittaaminen aloitettiin reunasta ja päätettiin reunaan. Tällöin ensimmäinen ja viimeinen koeala on puoliympyrä, jotka laskennassa yhdistettiin yhdeksi koealaksi. Koealalta laskettiin kaikki määttää, joiden keskipiste oli koealan sisällä.

Taulukko 3. Koealojen määräytyminen tutkittaville kuvioille.

| Kuvion pinta-ala,<br>ha | koealoja/kuvio |
|-------------------------|----------------|
| 0 Æ 1                   | 6              |
| 1 Æ 2                   | 9              |
| 2 Æ 3                   | 12             |
| 3 Æ 4                   | 15             |
| 4 - 5                   | 18             |

Tutkimus tehtiin vuosina 2017 ja 2018. Se koostui maastossa tehdyistä mittauksista kesällä 2017 ja tilastollisesta vertailusta keväällä 2018. Mittaukset toteutettiin vuonna 2016 tehdyiltä kohteilta, joissa *ASTA ei ole ollut käytössä*, ja vuonna 2017 tehdyiltä kohteilta, joilla *ASTA on ollut käytössä*. Koealoilta mitattiin laikkumättäiden määrä. Mittaaminen suoritettiin ympyräkoealoilla, joissa käytettiin 3,99 m pitkää koealakeppiä. Ympyräkoeala on metsänmittauksessa yleisesti käytössä oleva yksinkertainen ja luotettava menetelmä, jossa mitataan yksiköiden määrä hehtaarille. Mittausten tuloksia verrattiin koealoittain sekä kuvioittain.

## 5.1 Mitatut kuviot

Tutkimuksen maantieteellisenä alueena oli Lieksa, Kontiolahti ja Joensuu. Kuviota mitattiin yhteensä 35 kappaletta, joista 17:ssä *ASTA on ollut käytössä* ja 18:ssä *ASTA ei ole ollut käytössä*. Yksi mitattu kuvio hylättiin liiallisen kivisyyden vuoksi.

Suurin ilman ASTAa tehty kuvio oli viisi hehtaaria ja pienin 0,3 hehtaaria. Näiden kuvioden keskikoko oli 1,5 hehtaaria. Kuvioista joissa *ASTA on ollut käytössä*, suurin oli 2,8 hehtaaria, pienin 0,4 hehtaaria ja joiden keskikoko oli 1,4 hehtaaria. Koealoja mitattiin yhteensä 275 kappaletta, joista 122 koealaa kuvioilta joilla

*ASTA oli ollut käytössä* ja 153 kuvioilta joilla *ASTA ei ole ollut käytössä*. Yhdeltä kuviolta mitattiin keskimäärin 7,8 koealaa.

## 5.2 Tilastollinen vertailu

Kuviot ja koealat jaettiin kolmeen eri luokkaan: hyvä, välttävä ja huono. Luokkaan hyvä kuuluvat ne, joissa istutuspaikkoja on  $\pm 10$  % tavoitetiheydestä. Välttävä luokkaan kuuluivat ne, joissa istutuspaikkoja on 10 . 20 % enemmän tai vähemmän kuin tavoitetiheys. Huonoon luokkaan kuuluivat ne, joissa istutuspaikkoja on enemmän tai vähemmän kuin 20 % tavoitetiheydestä.

Luokiteltu aineisto ristiintaulukoitiin. Sarakemuuttujina taulukossa olivat *ASTA käytössä* ja *ASTA ei käytössä*. Rivimuuttujana taulukossa olivat laatuluokat hyvä, välttävä ja huono. Ristiintaulukoidulle aineistolle tehtiin khiin neliö -testi. Testin tarkoituksena on kertoa, onko sarake- ja rivimuuttujien välillä riippuvuutta (Heikkilä 2018. 212). Khiin neliö -testi toteutettiin Taanilan (2018) tekemällä valmiilla *+*otantavirhe+*-*nimisellä Excel-pohjalla.

Toteutetun Khiin-neliö -testin jälkeen saaduista tuloksista voidaan tulkita:

- jokaiselle ruudulle odotetut frekvenssit, eli mitkä olisivat ruutuihin tulevat frekvenssit, jos muuttujien välillä ei olisi riippuvuutta.
- Testisuure ( $X^2$ ), joka kertoo, kuinka paljon tulos poikkeaa riippumattomaan tilanteeseen nähden.  $X^2$  on nolla, jos havaitut frekvenssit ovat samat kuin odotetut frekvenssit.
- Vapausasteet (df), joka on (rivien lukumäärä-1) kertaa (sarakkeiden lukumäärä-1), tämä vaikuttaa käytettävä jakauman muotoon ja kriittiseen lukuun.
- P-arvo (p), joka osoittaa riskin, jos nollahypoteesi hylätään. Testissä nollahypoteesina on, ettei muuttujien välillä ole riippuvuutta, eli ASTA:lla ei ole vaikutusta muokkaustiheyteen. (Heikkilä 2008, 212.) Alle 0,050 eli 5 % suuruisia p-arvoja pidetään riittävänä osoituksena siitä, että perusjoukossa

on ryhmien välillä eroa (Taanila 2018). P-arvo voidaan luokitella myös kolmeen eri merkitsevyystasoon, jotka ovat melkein merkitsevä ( $< 0,05$ ), merkitsevä ( $< 0,01$ ) ja erittäin merkitsevä ( $< 0,001$ ) (Tilastokeskus 2018).

Aineistosta laskettiin myös keskiarvo ja -hajonta. Keskiarvo on havaintojen summa jaettuna havaintojen lukumäärällä. Keskihajonta kertoo arvojen keskimääräisen poikkeaman keskiarvosta. (Taanila 2018.)

Alkuperäisen suunnitelman mukaan tarkoituksena oli tutkia muokkauksen laatua kuvioittain. Tutkimuksessa kuitenkin havaittiin, että khiin neliö -testiä tehdessä tulos ei ole luotettava kuvioiden vähyydestä johtuen. Tästä syystä taulukoinnit ja vertailut toteutettiin myös koealakohtaisesti. Tutkimuksen tuloksia tulkittiin Excel-tilastointiohjelman avulla, jossa khiin neliö -testin tulos oli tilastollisesti merkitsevä.

## 6 Tulokset ja tulosten tarkastelu

Opinnäytetyössä tutkittiin, onko maanmuokkaustyömailla, joilla *ASTA on ollut käytössä*, laikkumättäiden määrä lähempänä tavoitemäärää kuin työmailla, joilla *ASTA ei ole ollut käytössä*. Tutkimuksen tulos on selkeä: Risutec ASTA-dokumentointijärjestelmällä on tilastollista merkitystä laikkumättäiden määrään uudistusalalla. Kuvioittaisessa vertailussa luokkaan hyvä luokiteltiin 88 % kuvioista, joissa *ASTA on ollut käytössä*, kun taas *ilman ASTAa* tehdyistä kuvioista vain 61 % sai luokituksen hyvä.

Koealoittaisessa vertailussa suurin osa koealoista, jotka on mitattu kuvioilta, joilla *ASTA ei ole ollut käytössä*, sijoittuu luokkaan huono. Suurin osa koealoista, jotka ovat mitattu kuvioilta, joilla *ASTA on ollut käytössä*, sijoittuu puolestaan luokkaan välttävä, ja luokkaan huono sijoittuneiden koealojen määrä on suhteessa puolet pienempi.

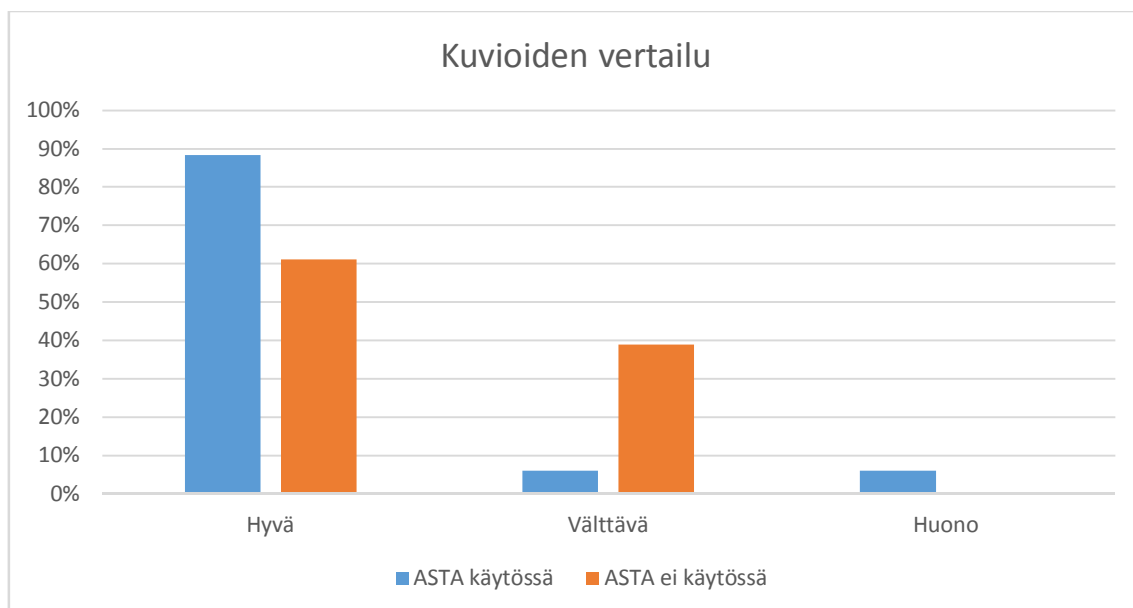
Liiallinen muokkaaminen ei näytä olevan ongelma käytettiinpä ASTAa tai ei. Molemmissa 120 prosentin yli meneviä koealoja oli alle 15 prosenttia. Sen sijaan suurin osa koealoista, jotka on mitattu kuvioilta, joilla *ASTA ei ole ollut käytössä*, jää alle 80 prosenttiin tavoitellusta muokkaustiheydestä. Koealoista, jotka ovat mitattu kuvioilta, joilla *ASTA ei ole ollut käytössä*, alle 80 % jää vain 9 % koealoista.

Tulokset koottiin maastolomakkeiden materiaaleista ja lomakkeet muutettiin tilastollisesti tutkittavaan muotoon Excel-taulukkolaskentaohjelmaan. Excel-ohjelmistolla tehtiin kaikki laskennat, testit ja kaaviot.

## 6.1 Kuvioittainen vertailu

Kuvioittaisessa vertailussa laskettiin kuviolta mitattujen koealojen perusteella kääntömättäiden lukumäärän keskiarvo. Maanmuokkauksen tavoiteteiheyden vaihteli eri kuvioilla, ollen 1 600 tai 1 800 laikkumätästä hehtaarilla. Tästä johtuen kuvioille laskettiin suhdeluku. Suhdeluku laskettiin kaavalla keskiarvo / tavoitemäärä x 100. Tämän suhdeluvun mukaan kuviot luokiteltiin kolmeen luokkaan. Luokkajaot on kerrottu kohdassa 5.2 Tilastollinen vertailu.

Kuvioista, joilla *ASTA on ollut käytössä*, luokkaan hyvä sijoittui 88 %, luokkaan välttävä 6 % ja huono 6 %. Kuivioilla, joilla *ASTA ei ole ollut käytössä*, luokkaan hyvä sijoittui 61%, luokkaan välttävä 39 % ja luokkaan huono 0 %. Vaikka mitattujen kuvioiden määrä on pieni, voidaan tästäkin tuloksesta päätellä jotain. Yhdelläkään kuviolla, jolla *ASTAa on käytetty*, ei mittausten perusteella ole yli 10 % alitiheyttä. Kaksi kuviota, jotka eivät sijoittuneet luokkaan hyvä, olivat molemmat muokattu ylitiheyteen. Ilman ASTAa tehdyillä kuvioilla seitsemän kuviota sai luokituksen välttävä, joista neljä oli alitiheitä. Nämä tulokset ovat esitetty kaaviossa 1.



Kuvio 1. Luokitellut kuviot.

Lukumääräisesti luokkiin sijoittuneet kuviot näkyvät taulukossa 5, kohdassa havaitut lukumäärät. Khiin neliö -testin mukaan *ASTA käytössä* ( $n=17$ ) ja *ASTA ei käytössä* ( $n=18$ ) ryhmien välillä on eroa laikkumättäiden määrässä:  $df=2$ ;  $X^2=6,09$ ;  $p=0,048$ . Näin pienellä havaintojen lukumäärällä (alle viiden suuruisia odotettuja lukumääriä yli 20 %) tulos ei kuitenkaan ole tilastollisesti luotettava (Taanila 2018). Tämän vuoksi pelkästään tällä perusteella ei voida sanoa varmasti, että ero johtuu ASTAn käytöstä. Tutkimusmuuttujien vähyyden vuoksi tämäkin tulos on vähintään suuntaa antava.



Taulukko 5. Kuvioittaisen luokitellun aineiston khiin neliö -testin tulos.

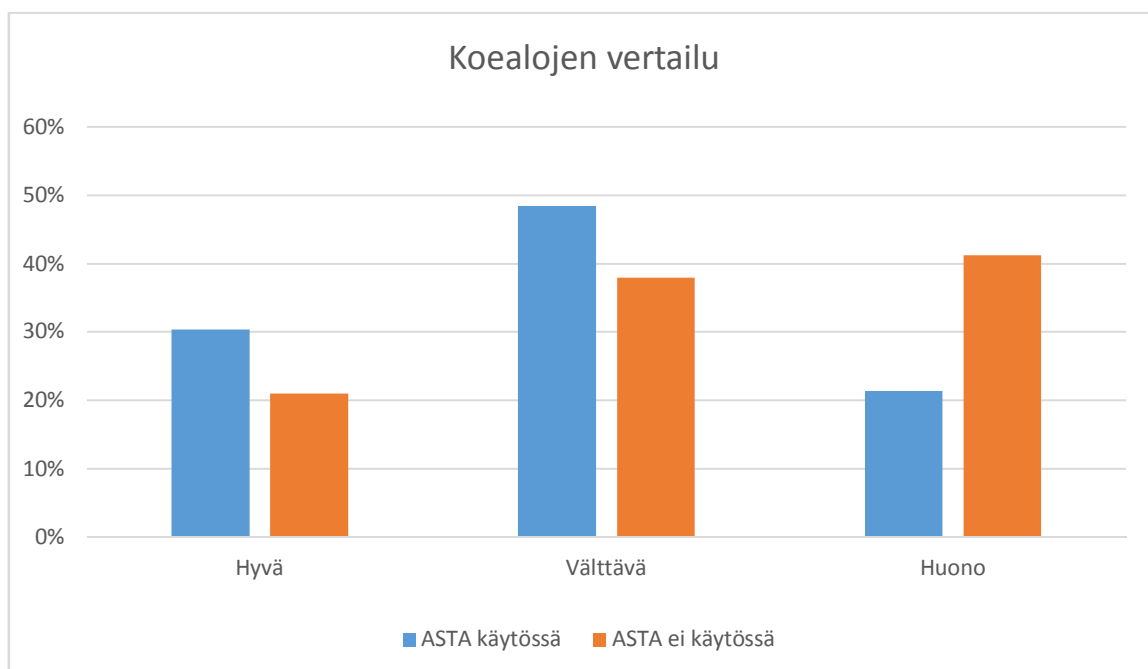
| Havaitut lukumäärät                             |                       |                          |               |
|---|-----------------------|--------------------------|---------------|
|   | ASTA<br>käy-<br>tössä | ASTA<br>ei käy-<br>tössä | Yh-<br>teensä |
| Hyvä  | 15                    | 11                       | 26            |
| Välttävä  | 1                     | 7                        | 8             |
| Huono   | 1                     | 0                        | 1             |
| Yhteensä  | 17                    | 18                       | 35            |
|   |                       |                          |               |
| Odotetut lukumäärät                             |                       |                          |               |
|   | ASTA<br>käy-<br>tössä | ASTA<br>ei käy-<br>tössä | Yh-<br>teensä |
| Hyvä  | 12,6                  | 13,4                     | 26,0          |
| Välttävä  | 3,9                   | 4,1                      | 8,0           |
| Huono   | 0,5                   | 0,5                      | 1,0           |
| Yhteensä  | 17,0                  | 18,0                     | 35            |
|   |                       |                          |               |
|   |                       | 2 =                      | 6,09          |
|   |                       | df =                     | 2             |
|   |                       | p =                      | 0,048         |
| Alle viiden (5) suuruisia odotettuja lukumääriä |                       |                          | 66,7 %        |
| Pienin odotettu lukumäärä                       |                       |                          | 0,5           |

## 6.2 Koealoittainen vertailu

Koealoittaisessa vertailussa laskettiin jokaiselle koealalle suhdeluvun samalla kaavalla kuin kuvioillekin. Tämän jälkeen koealat luokiteltiin kolmeen luokkaan samoin perustein kuin kuviotkin.

Vertailussa tulos jakautuu tasaisemmin luokkien välille. Ero tutkittavien muuttujien välillä on kuitenkin samansuuntainen kuin kuvioittaisessa vertailussa. Merkilepantavaa on kuitenkin, että suurin osa (41 %) koealoista, jotka on mitattu kuvioilta joilla *ASTA ei ole ollut käytössä*, menee luokkaan huono. Luokkaan välttävä sijoittui 38 % ja hyvä 21 % koealoista. Koealoista, jotka on mitattu kuvioilta, joilla on ollut *ASTA käytössä*, luokituksen huono sai 21 %, välttävä 48 % ja hyvä 30 %. Tuloksen näkyvät myös kuviossa 2.

Tämä tulos paljastaa muokkaustiheyden tasaisuuden tai epätasaisuuden. Kuvioittaisessa tarkastelussa kuvio voi saada luokituksen hyvä, vaikka yhdelläkään koealalla tiheys ei olisi ollut oikea. Tämä johtuu siitä, että siinä tarkastellaan keskiarvoja. Koealoittaisessa vertailussa tuli esille, että vaihtelut kuvioden sisällä ovat suuremmat, kun *ASTA ei ole käytössä*. Suuri muokkaustiheyden vaihtelu vaikeuttaa istuttajan työtä. Liian paljon muokatulla alalla kaikkiin laikkumättäisiin ei voida istuttaa, kun taas harvaan muokatulla alalla joudutaan istuttamaan muokkaamattomaan maahan, jotta saadaan aikaan tasainen istutustiheys.



Kuvio 2. Luokiteltu aineisto koealoittain.

Khiin neliö -testin mukaan *ASTA käytössä* ( $n=122$ ) ja *ASTA ei käytössä* ( $n=153$ ), ryhmien välillä on eroa laikkumättäiden määrässä:  $df=2$ ;  $X^2=12,42$ ;  $p=0,002$ . Tuloksen vertailu koealoittain lisää havaintojen määriä huomattavasti, joten tulos on

senkin puolesta luotettava. Nollahypoteesi voidaan siis hylätä ja todeta, että AS-TAn käytöllä on tilastollista merkitystä laikkumättäiden määrään uudistusallalla.

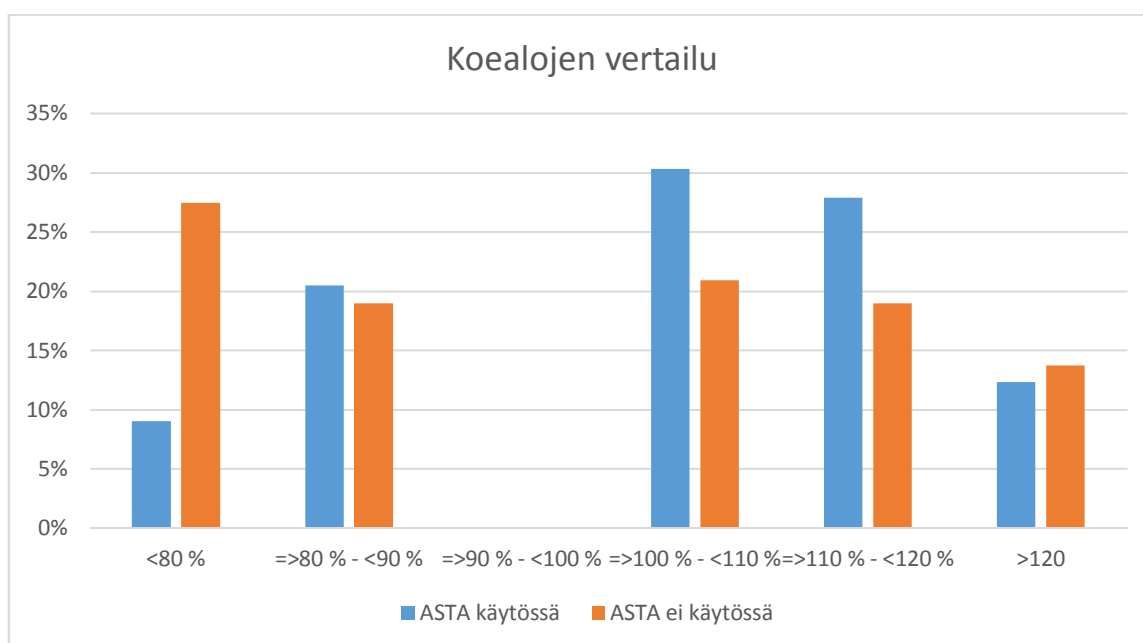
Taulukko 6. Koealoittaisen luokitellun aineiston testaus.

| Havaitut lukumäärät   |                       |                          |               |     |       |      |   |     |       |
|---|-----------------------|--------------------------|---------------|-----|-------|------|---|-----|-------|
|   | ASTA<br>käy-<br>tössä | ASTA<br>ei käy-<br>tössä | Yh-<br>teensä |     |       |      |   |     |       |
| Hyvä  | 37                    | 32                       | 69            |     |       |      |   |     |       |
| Välttävä  | 59                    | 58                       | 117           |     |       |      |   |     |       |
| Huono   | 26                    | 63                       | 89            |     |       |      |   |     |       |
| Yhteensä  | 122                   | 153                      | 275           |     |       |      |   |     |       |
|   |                       |                          |               |     |       |      |   |     |       |
| Odotetut lukumäärät   |                       |                          |               |     |       |      |   |     |       |
|   | ASTA<br>käy-<br>tössä | ASTA<br>ei käy-<br>tössä | Yh-<br>teensä |     |       |      |   |     |       |
| Hyvä  | 30,6                  | 38,4                     | 69            |     |       |      |   |     |       |
| Välttävä  | 51,9                  | 65,1                     | 117           |     |       |      |   |     |       |
| Huono   | 39,5                  | 49,5                     | 89            |     |       |      |   |     |       |
| Yhteensä  | 122                   | 153                      | 275           |     |       |      |   |     |       |
| <table><tr><td>2 =</td><td>12,42</td></tr><tr><td>df =</td><td>2</td></tr><tr><td>p =</td><td>0,002</td></tr></table> |                       |                          |               | 2 = | 12,42 | df = | 2 | p = | 0,002 |
| 2 =   | 12,42                 |                          |               |     |       |      |   |     |       |
| df =  | 2                     |                          |               |     |       |      |   |     |       |
| p =   | 0,002                 |                          |               |     |       |      |   |     |       |
| Alle viiden (5) suuruisia odotettuja lukumääriä   |                       |                          | 0,0 %         |     |       |      |   |     |       |
| Pienin odotettu lukumäärä   |                       |                          | 30,6          |     |       |      |   |     |       |

Kuviosta 3 näkyy, kuinka tulokset jakautuvat, jos ne luokitellaan kuuteen 10 % luokkaan. Käytännössä koealat jakautuvat kuitenkin viiteen luokkaan, koska 3,99 metrin ympyräkoealan kerroin on 200, joten luokkaan  $\Rightarrow 80\%$ .  $<90\%$  ei satu yhtään osumaa. Huomionarvoista tässä diagrammissa on luokka  $<80\%$ , jossa

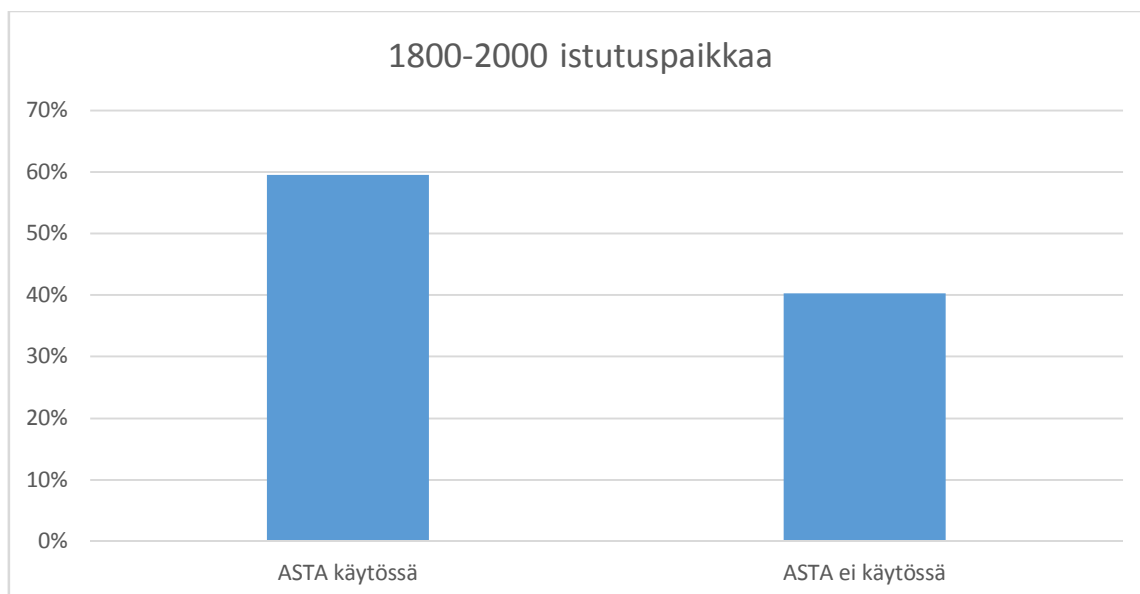
*ASTA ei käytössä*, koealojen osuus on huomattavasti suurempi kuin *ASTA käytössä*. Jos alalla on ollut tavoitetiheys 1 800 kääntömätästä, <80 % luokkaan sijoittuvat ne koealat, joissa kääntömättäitä on ollut vain 1 400 tai vähemmän. Tämän suuruinen virhe on jo huomattavan suuri ja vaikuttaa varmasti uudistamistulokseen.

Luokat välillä 100 . 120 % tarkoittavat käytännössä 1 800 tavoitetiheydellä 1 800 . 2 000 kääntömätästä hehtaarilla. Suurin osa koealoista, jotka ovat mitattu uudistusaloilta joilla *ASTA on ollut käytössä*, sijoittuu luokkiin 100 . 120 %. Tässäkin ASTAn hyödyt tulevat selkeästi esille.



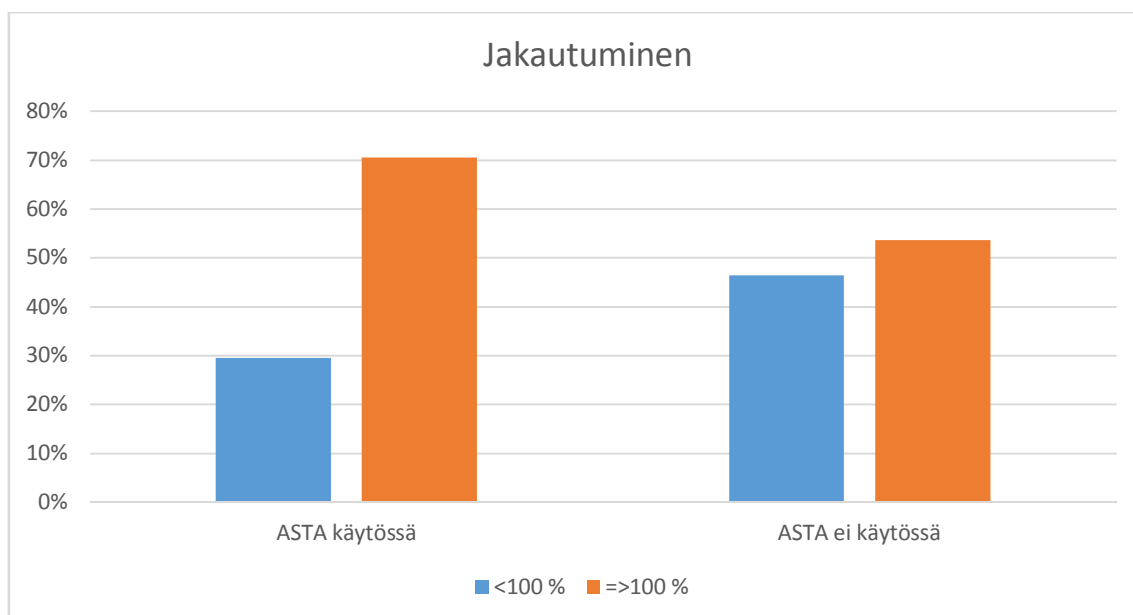
Kuvio 3. Prosentuaalinen luokittelu.

Stora Enson metsänhoitotöiden laatukriteereissä laikkumätästykseen muokkausjäljen tavoitetiheydeksi on asetettu 1 800 . 2 000 (Metsähoidon laatukriteerit etelä-, itä ja länsisuomessa). Kuviossa 4 on esitetty, että kuinka suuri osa koealoista täyttää tämän kriteerin. Koealoista, jotka ovat mitattu kuvioilta, joilla *ASTA on ollut käytössä*, 59 % täyttää kriteerin, kun taas vain 40 % kuvioista, joilla *ASTA ei ole käytetty*, on tällä välillä.



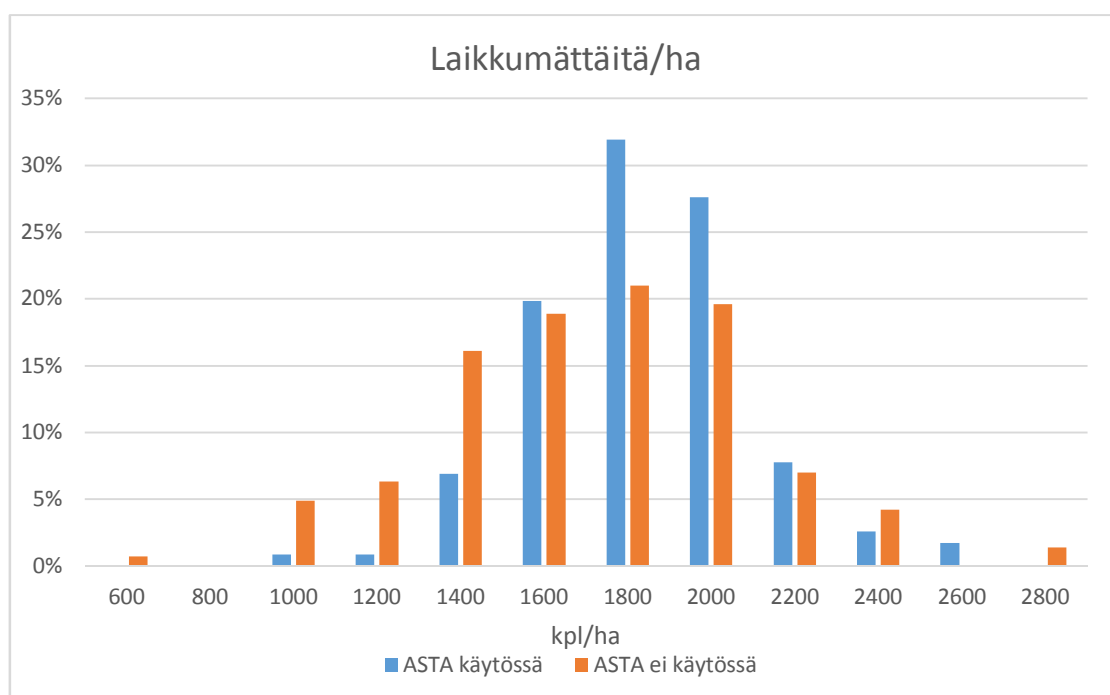
Kuvio 4. Stora Enson tavoitetiheys.

Merkityksellinen tieto on myös se, kuinka koealat jakautuvat suhteessa työohjeessa annettuun tavoitetiheyteen. Kuviossa 5 on esitetty prosentuaalisesti alle 100 % jääneet koealat ja 100 % tai sen yli menneet koealat. 70 % koealoista, jotka ovat mitattu kuvioilta joilla *ASTA on ollut käytössä*, on vähintään 100 % tavoitetiheydestä, *ilman ASTAa* luku on vastaavasti 54 %.



Kuvio 5. Koealojen jakautuminen tavoitetiheyden suhteen.

Osa koealoista mitattiin kuvioilta, joilla tavoitetiheys oli 1 600 kpl/ha. Tällaisia koealoja oli yhteensä 16 kappaletta: *ilman ASTAa* kymmenen ja *ASTA:lla* kuusi kappaletta. Kun nämä koealat poistettiin, voitiin tutkia tuloksia ilman suhdelukua. Kuvioista 6 nähdään kuinka ASTAn käyttö vaikuttaa muokkaustiheyteen. Ero luokissa 1800 ja 2000 kpl/ha on huomattava ASTAn hyväksi. Ilman ASTAa tehdyiltä aloilta mitatut koeala jakautuvat melko tasaisesti 1 400 ja 2 000 kpl/ha välille.



Kuvio 6. ASTA-ohjelman merkitys laikkumättäiden määrään hehtaarilla.

### 6.3 Keskiarvo ja -hajonta

Molemmille aineistoille laskettiin myös keskiarvo ja hajonta. Aineistosta poistettiin kuviot, joilla tavoitetiheys oli 1 600. Kuvioiden, joissa *ASTA on ollut käytössä*, muokkaustiheyden keskiarvo oli 1 848, ja kuvioiden, joissa *ASTA ei ole ollut käytössä*, keskiarvo oli 1 727. Kuvioittaisessa vertailussa hajonnassa ei ollut merkittävää eroa. *Ilman ASTAa* tehdyillä kuvioilla hajonta oli 166 ja *ASTAlla tehdyillä* kuvioilla 167. Keskiarvoja laskiessa huomattiin, että kun kuvioittaisessa vertailussa lasketaan keskiarvojen keskiarvoa, Excel-taulukkolaskentaohjelma tekee

jonkin verran laskutoimitusten aikana pyöristyksiä. Tästä syystä kuvioittaisen vertailun arvot eivät ole absoluuttisen oikeat. Vertailua näilläkin arvoilla voidaan tehdä, koska kaikille kuvioille on käytetty samaa laskentamenetelmää. Koealoittaisen vertailun keskiarvo on oikea, koska siinä on käytetty alkuperäisiä mitattuja arvoja.

Taulukko 7. Kuvioittaisen vertailun t-testi

|              | ASTA käytössä | ASTA ei käytössä | Keskiarvojen ero |
|--------------|---------------|------------------|------------------|
| Otoskoko     | 16            | 17               |                  |
| Keskiarvo    | 1848          | 1727             | 121              |
| Keskihajonta | 166           | 167              |                  |

Keskiarvojen erot testattiin t-testillä, vaikka kaikki testin käyttöedellytykset eivät täytykään, koska tutkittava aineisto on näyte eikä otos. Kuvioiden, joilla *ASTA on ollut käytössä*, laikkumättäiden määrän keskiarvo poikkesi niistä kuvioista joilla *ASTA ei ollut käytössä*. Ero osoittautui riippumattomien otosten t-testillä melkein merkitseväksi:  $t(31) = 2,087$ ;  $p = 0,046$ ; 2-suuntainen.

Koealoittaisessa vertailussa keskiarvot olivat samansuuntaiset kuin kuvioittaisessa vertailussakin, mutta hajonta kasvoi. Keskiarvo oli *ilman ASTAa* 1 707 ja *ASTAlla* 1 836. *Ilman ASTAa* hajonta oli 399 ja *ASTAlla* 266.

Taulukko 8. Koealoittaisen vertailun t-testi

|              | ASTA käytössä | ASTA ei käytössä | Keskiarvojen ero |
|--------------|---------------|------------------|------------------|
| Otoskoko     | 166           | 144              |                  |
| Keskiarvo    | 1836          | 1707             | 129              |
| Keskihajonta | 266           | 399              |                  |

Koealojen, jotka ovat mitattu kuvioilta, joilla *ASTA on ollut käytössä*, laikkumättäiden määrän keskiarvo poikkesi niistä koeloista, jotka ovat mitattu kuvioilta, joilla *ASTA ei ole ollut käytössä*. Ero osoittautui riippumattomien otosten t-testillä merkitseväksi:  $t(243) = 3,296$ ;  $p = 0,001$ ; 2-suuntainen.

## 7 Johtopäätökset

Aineistosta tutkittiin, onko maanmuokkaustyömailla, joilla *ASTA on ollut käytössä*, laikkumättäiden määrä lähempänä tavoitemäärää, kuin niillä työmailla, joilla *ASTA ei ole ollut käytössä*. Tutkimussuunnitelman mukaan tutkimuksessa oli tarkoitus verrata tuloksia kuvioittain. Tavoitteena oli mitata yhteensä kuusikymmentä kuvioa. Tähän määrään ei kuitenkaan päästy. Kuvioiden määrän vähyyden vuoksi kuvioittainen tulos ei ole tilastollisesti luotettava, mutta se on vähintäänkin suuntaa antava. Tästä syystä tuloksia verrattiin myös koealoittain, josta saatiin tilastollisesti merkitsevä tulos. Tuloksia luokiteltiin useilla eri menetelmillä ja kaikissa oli huomattavissa ASTAn vaikutus muokkaustiheyteen. Erot muokkaustiheydessä olivat selkeät, verrattiinpa niitä kuvioittain tai koealoittain.

Tutkimuksessa tultiin siihen tulokseen, että ASTAn käyttö on vaikuttanut Karelwood Oy:n aliurakoitsijoiden maanmuokkauksen laatuun. Tähän tulokseen päädyttiin, koska luokitellun aineiston vertailussa prosentuaalinen ero oli huomattava ja tulokselle saatiin tilastollinen merkitsevyys. Tulosten perusteella pääteltiin, että kuviolla jolla *ASTA ei ole ollut käytössä*, muokkaustiheys jää useammin alle tavoitellun muokkaustiheyden, kuin kuviolla joilla *ASTA on ollut käytössä*.

Koealoittaisessa vertailussa, hajonta paljasti myös muokkaustiheyden vaihtelut kuvioiden sisällä. Suuri koealojen välinen hajonta tulee ilmi myös Maalimaan (2015) tekemästä tutkimuksesta, etenkin kun muokkaustapana oli laikkumätästys kuusen istutuslalla. Tasainen ja oikea muokkaustiheys helpottaa istuttajan työtä, koska hän voi istuttaa taimen jokaiseen laikkumättääseen, eikä hänen tarvitse keskittyä jatkuvasti istutustiheyden varmistamiseen. Tulosten perusteella voidaan todeta, että ASTA on auttanut maanmuokkaajia saamaan tasaisemman muokkaustiheyden. Varsinkin kuvion sisäinen muokkaustiheyden vaihtelu on pienentynyt huomattavasti, kun maanmuokkauksessa on käytetty ASTAa.



Tutkimussuunnitelmassa pohdittiin, että ASTA parantaisi myös maanmuokkauksen kannattavuutta vähentämällä liiallista muokkaamista. Tulosten mukaan liiallista muokkaamista ei juuri kuitenkaan ole ollut, joten tällä osa-alueella parannettavaa ei ole, joten kustannussäästökin jää syntymättä.

Laadukas maanmuokkaus on perusedellytys kannattavassa metsätaloudessa. ASTAn käyttöönotto onkin parantanut maanmuokkauksen laatua muokkaustiheyden osalta Karelwoodin toimialueella. Tämä parantaa istutustyön kannattavuutta ja laatua. Myös maanomistaja hyötyy, koska taimilla on suurempi todennäköisyys selvitä laadukkaasti muokatulla uudistusosalalla. Saksan (2011) tutkimuksesta käy ilmi, kuinka tärkeää laadukas maanmuokkaus on. Tutkimuksensa loppukaneettina hän mainitseekin että: *”käytännön uudistusaloilla maanmuokkausta edelleen kehitettäessä tulisi kiinnittää erityistä huomiota muokausjäljen laatuun, jotta uudistusosalalla olisi riittävästi viljelykelpoisia ja tasalaatuisia kohoumia istutusta varten.”* (Saksa 2011, 103.) Nyt kun voidaan varmistua, että uudistusosalalla on riittävästi muokausjälkiä, olisikin aika keskittyä tutkimaan ja parantamaan niiden laatua.

## 8 Pohdinta

Laiteen ominaisuuksissa on paljon hyviä puolia. ASTAn tekniikka on varmaa ja jo käytössä olevaa. Laitteen sopiminen Android-pohjaisiin laitteisiin on kustannustehokas ratkaisu ja laitteen valmistaminen pysyy yksinkertaisena. ASTAn käyttö nopeuttaa omavalvontaa huomattavasti ja omavalvonta tietojen lähetys on helppoa ja vaivatonta. Paperisen omavalvontalomakkeen poisjääminen helpottaa työnjohdon tehtäviä, koska ASTasta saadaan suoraan hyvä valvontalomake sähköiseen muotoon ja se saadaan taltioitua mutkitta omaan tietokantaan. Myös maanomistajat voisivat olla kiinnostuneita tositteesta, joka osoittaa kuinka maanmuokkaus on suoritettu.

Valmistajan lupaama yhden metrin tarkkuus GPS:llä herättää epäilyksiä, koska tällaisiin tarkkuuksiin pääseminen vaatisi jo huipputekniikkaa ja kellovirheen korjausta maatukiasemalta. Kellovirheen korjausta laitteistossa ei ole, joten laitteesta saatavan paikkatiedon tarkkuus lienee  $\pm 5$  metriä. Vaikutusta tällä asialla ei ole lopulliseen tulokseen, koska useat reunapisteet korjaavat keskimäärin luotettavuutta pinta-alan mittauksessa.

Työmaakartat maanmuokkaukseen piirretään pääsääntöisesti uudistushakkuutyömaakartan mukaan, usein jo ennen kuin hakkuuta on suoritettu. Hakkuun aikana pinta-alaan voi tulla muutoksia, mutta aina näitä muutoksia ei korjata maanmuokkaustyömaan karttoihin. Tutkimusta tehdessämme huomattiin, että työmaakartan ja ASTAn omavalvontalomakkeen pinta-aloissa oli eroa. Erot pinta-aloissa eivät olleet huomattavan suuria, eikä niissä havaittu johdonmukaisuutta. Käyttämällä ASTAa maanmuokkaustaksan maksuperuste tarkentuu, kun maksun perusteena on aina tarkastusmitattu pinta-ala käytössä.

ASTAn avulla voitaisiin tarkentaa taimitoimituksia. Nykyisessä menetelmässä, jossa ei tiedetä istutettavan alan tarkkaa kokoa eikä muokkausjälkien tarkkaa määrää, joudutaan kuljettamaan taimia työmaalle ja takaisin, jos niitä jää yli. Tällä hetkellä tilattava taimimäärä päätetään yleensä jo puukauppaa tehtäessä. Istutus tapahtuu usein myös melko pian maanmuokkauksen jälkeen. Tähän tarvittaisiinkin lisää joustavuutta, jotta ASTAa voitaisiin hyödyntää täysimääräisesti.

ASTA vähentää työntekijän työmäärää ja virhettä koealakepillä tiheyttä määritettäessä. Lisäksi huomattavana etuna on, että kuljettaja näkee koko ajan muokausstiheyden reaaliajassa ja voi muuttaa työtapaansa koko ajan vastaamaan tavoitetiheyttä. Kuljettajan saama jatkuva tieto muokkausnopeudesta auttaa kuljettajaa kehittämään toimintatapojaan tuottavammaksi ja tämä tieto kiinnostaa varmasti myös yrittäjiä. Metsäalan konetöiden kannattavuutta ja tehokkuutta yritetään parantaa koko ajan, ja ASTAa voidaankin käyttää tässä hyväksi. Kuljettajien valvonta helpottuu ja näin voidaankin päästä kiinni mahdollisiin epäkohtiin, joita voi esiintyä yksin työskennellessä ilman valvontaa.

Vaikka työn tehokkuus ja kannattavuus on tärkeää, on sen kuitenkin kuljettava käsikädessä laadun kanssa. Tutkimuksemme mukaan ASTA parantaakin maanmuokkauksen laatua muokkaustiheyden osalta.

## 8.1 Luotettavuus

Tutkimuksen luotettavuuteen takaamiseksi on pyritty kiinnittämään huomiota valitsemalla tutkittaviksi kuvioiksi lähtötiedoiltaan mahdollisimman homogeenisia kuvioita. Vertailtavat aineistot kerättiin samalta alueelta, ja muokkaustyön suorittajat olivat myös samat.

Mittaustyötä suorittivat molemmat tutkijat, mutta tässä virheen mahdollisuus on pieni, koska ympyräkoealalta laikkumättäiden laskenta on melko yksinkertaista. Vuonna 2016 tehtyjen muokkausalojen mittaaminen loppukesällä 2017 oli rehevillä aloilla haastavampaa, koska pintakasvillisuus oli päässyt jo niin pitkäksi, että se esti näkemästä kauimmaisista laikkumättäitä. Tähän kuitenkin kiinnitettiin huomiota mitatessa, eikä tämän uskota vaikuttaneen tutkimustulokseen. Toimintatavat mitatessa ja koealamäärän määrittäminen on hiottu mahdollisimman yksinkertaiseksi, jotta mittaajasta johtuvat virheet olisivat mahdollisimman pienet.

Mitattavat kuviot valittiin tutkimukseen harkinnanvaraisella otannalla. Tämä oli hyvä päätös, koska ilman tätä muuttujia olisi ollut liikaa. Tutkimukseen otettiin mukaan myös kuvioita, joilla tavoitetiheys on 1600 laikkumätästä hehtaarilla. Tältä osalta kaikki mitattavat kuviot eivät olleet yhdenmukaisia. Tulokseen tällä ei kuitenkaan ollut vaikutusta johtuen näiden kuvioiden pienestä määrästä. Laajemmassa tutkimuksessa olisi hyvä ottaa kaikki muokkausmenetelmät tutkimukseen mukaan.

Koealan koko, jota tutkimuksessa käytettiin, oli 50 neliömetrin ympyräkoeala. Tämä on metsäalan tutkimuksissa yleisesti käytetty mittaustapa ja tätä käytetään myös maanmuokkauksen omavalvonnassa. Mittaus olisi voitu suorittaa myös 5,64 metrin koealakepillä. Koealan pinta-ala olisi tällöin 100 neliömetriä. Tulos olisi ollut tarkempi yhden laikkumättään edustaessa 100 mätästä hehtaarilla, kun

tutkimuksessa käytetyllä koealalla yksi laikkumätäs edustaa 200 laikkumätästä hehtaarilla. Kuviolta mitattujen koealojen määrä oli suurempi kuin mitä maanmuokkauksen omavalvonnassa mitataan. Koealojen määrää kasvattamalla saataisiin kuviokohtaisesti tarkempi tieto, mutta se vaatisi taas lisää aikaa mittausten suorittamiseen.

Tutkimustulokseen päästiin Excel-taulukkolaskentaohjelmalla tehtyjen luokitteluiden ja tilastollisten testien perusteella. Testausmenetelmä, jota tutkimuksessa käytettiin, on yleisesti käytetty menetelmä kvantitatiivisessa tutkimuksessa.

## 8.2 Hyödyntäminen

Kuvioita olisi pitänyt mitata huomattavasti enemmän, että vertailu olisi voitu tehdä kuvioittain luotettavasti. Tämä olisi tuonut lisää luotettavuutta tutkimukseen, koska maanmuokkauksen laatua tarkastellaan yleisesti kuviokohtaisesti. Koealoittainen vertailu antaa kuitenkin hyödyllistä tietoa muokkaustiheyden vaihtelusta kuvioiden sisällä. Aineisto on kerätty maantieteellisesti hyvin suppealta alalta. Tästä johtuen tulos ei kerro maanmuokkauksen tilasta yleisesti, mutta tuloksista voidaan päätellä luotettavasti, kuinka ASTAn käyttö vaikuttaa maanmuokkauksen laatuun.

Sovelluksen käyttöä tutkittiin paikallisesti ja vain yhdellä muokkausmenetelmällä. Tutkimuksen yleistäminen laajemmalle alueelle vaatisikin suurempaa ja laajempaa otosta. Tämän tutkimuksen perusteella voidaan tehdä varmoja johtopäätöksiä vain niiden urakoitsijoiden osalta, jotka olivat mukana tutkimuksessa. Tutkimustulosta voidaan kuitenkin hyödyntää laajemminkin, koska maanmuokkaus on Suomessa hyvin samankaltaista lukuun ottamatta aivan pohjoisinta Suomea.

Tulevaisuudessa voitaisiin tutkia ASTAn käyttöä taimitilausten tarkentamiseen. Tutkimuksessa tulisi tarkastella saadaanko ASTAn tarkasta pinta-alatiedosta ja muokkausjälkien määrästä hyötyä tilattavien taimien määrän suunnittelussa ja tehostaako tämä istutustyötä.

## Lähteet

- Harstela, P., Helenius, P., Rantala, J., Kanninen, K. & Kiljunen, N. 2006. Tehokkaan toiminta konseptin kehittäminen metsäpalveluun. Helsinki: Metsäntutkimuslaitos.
- Heikkilä, T. 2008. Tilastollinen tutkimus. Helsinki: Edita Prima Oy.
- Hirsjärvi, S., Remes, P. & Saajavaara, P. 2009. Tutki ja kirjoita. Hämeenlinna: Tammi.
- Holopainen, m. & Pulkkinen, P. 2008. Tilastolliset menetelmät. Helsinki: WSOY oppimateriaalit Oy.
- Immonen, K., Kauppinen, A., Kuru, K., Tamminiemi, M., Kallonen, J. & Strandström, M. 2000. Maanmuokkauksen koulutusaineisto. [http://www.metsäho.fi/wp-content/uploads/2015/03/Maanmuokkauksen\\_koulutusaineisto\\_vihko.pdf](http://www.metsäho.fi/wp-content/uploads/2015/03/Maanmuokkauksen_koulutusaineisto_vihko.pdf). 4.12.2017.
- Karelwood. 2018. Toimintakäsikirja.
- Korhonen, K.T., Ihalainen, A., Viiri, H., Heikkinen, J., Henttonen, H.M., Hotanen, J-P., Mäkelä, H., Nevalainen, S. & Pitkänen, J. 2014. Metsätilastollinen vuosikirja. Tampere: Tammerprint Oy.
- Kuusniemi, H. 2017. Paikkannussatelliittijärjestelmät. Maanmittauslaitos. <http://www.fgi.fi/fgi/fi/teemat/paikkannussatelliittij%C3%A4rjestelm%C3%A4t>. 12.4.2017
- Luoranen, J., Saksa T., Finér L. & Tamminen P. 2007. Metsämaan muokausopas. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- Luoranen, J., Saksa T. & Uotila K. 2012. Metsänuudistaminen. Hämeenlinna: Metsäkustannus Oy.
- Maalismaa, J. 2015. Kaivinkoneella suoritettujen maanmuokkausten työnlaatu. Lapin ammattikorkeakoulu. Metsätalous. Opinnäytetyö. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201504144300>. 15.5.2017.
- Metsäkeskus. 2014. Hakkuut ja uudistamisvelvoite. <https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/metsalaki-hakkuut-ja-uudistamisvelvoite.pdf>. 14.2.2018.
- Metsälaki 1093/1996.
- Saksa, T. 2011. Kuusen istutustaimien menestyminen ja tukkimiehentäin tuhot eri tavoin muokatuilla uudistusaloilla. Metsätieteen aikakauskirja 2/2011. 91. 105.
- Miettinen S. 2006. GPS käsikirja. Porvoo: WSOY Oy.
- Nuutinen, J. 2014. Maanmuokkauksen laadun kehittäminen, Metsä Group Kuopion piiri. Mikkelin ammattikorkeakoulu. Metsätalous. Opinnäytetyö. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2014121319632>. 14.6.2017
- Risutec. 2018. <http://www.risutec.fi/tuotteet/istutuslaitteet/asta>. 15.3.2018.
- Stora Enso. 2013. Metsänhoidon laatukriteerit Etelä-, Itä ja Länsi-Suomessa.
- Taanila, A. 2018. Ristiintaulukointi ja khiin neliö -testi. Akin menetelmäblogi. 1.9.2017. <https://tilastoapu.wordpress.com/2011/10/14/6-ristiintaulukointi-ja-khiin-nelio-testi/>. 12.2.2018.
- Tilastokeskus. 2018. Tilastollinen merkitsevyys. [https://www.stat.fi/meta/kas/til\\_merkitsevyys.html](https://www.stat.fi/meta/kas/til_merkitsevyys.html). 30.3.2018.
- Vihottula, M. 2018. Risutec-ASTA, markus.vihottula@risutec.fi. 15.3.2018
- Äijälä, O., Koistinen, A., Sved, J., Vanhala, K. & Väisänen, P. 2014. Hyvän metsänhoidon suositukset. Helsinki: Metsäkustannus Oy



Aloituspaikkeen koordinaatti:  
Lat: 63,233572 Lon: 30,306190



100 m

Mätäs 7108 kpl - 3,90 ha

|                     |                     |                   |
|---------------------|---------------------|-------------------|
| Alueen nimi         |                     | Taimien lukumäärä |
|                     |                     | 7108 kpl          |
| Tunniste            | Pinta-ala           |                   |
| kuvio 46            | 3,90 ha             |                   |
| Aloituspäivämäärä   | Viimeksi muokattu   | Tiheys            |
| 2017-06-29 16:00:05 |                     | 1823 kpl/ha       |
| Kulutus aika        | Raportti luotu      | Tavoitettavuus    |
|                     | 2017-07-03 13:56:52 | 1800 kpl/ha       |
|                     |                     | Ojen pituus       |
|                     |                     | 0,0 m             |

Raportti luotu käyttäen Risutec ASTA dokumentointijärjestelmää (versio 1.1.2).